

Best Available Copy

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)特許公報 (B 2)

(11)特許番号

第2611173号

(45)発行日 平成9年(1997)5月21日

(24)登録日 平成9年(1997)2月27日

(51)Int.Cl.⁸
G 0 1 S 5/16

識別記号

序内整理番号

F I
G 0 1 S 5/16

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平4-177394

(22)出願日 平成4年(1992)6月11日

(65)公開番号 特開平6-167564

(43)公開日 平成6年(1994)6月14日

(73)特許権者 591159491

運輸省船舶技術研究所長
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(72)発明者 塩見格一

東京都世田谷区奥沢1丁目56番15号
(74)指定代理人 運輸省電子航法研究所長 (外1名
)

審査官 宮川 哲伸

(56)参考文献 特開 平5-346950 (J P, A)
特開 平1-296099 (J P, A)
実開 平4-31098 (J P, U)

(54)【発明の名称】魚眼レンズを用いた測位方法およびその装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】 任意にシステム座標系を与え、このシステム座標系に存在する移動目標物を捉える複数の魚眼レンズについて個々に光軸を決定し、複数の前記魚眼レンズを用いた複数の撮像装置により与えられる各魚眼画像から、それぞれこの魚眼画像上に存在する前記移動目標物を検出し、前記システム座標系におけるこの移動目標物と撮像装置の視界面中心とを通る直線方程式を、前記撮像装置の個数に対応する数だけそれぞれ求め、この複数の直線方程式を1組とする直線方程式群を前記検出された各移動目標物についてそれぞれ求め、前記各移動目標物にそれぞれ対応する直線方程式群の交点を、各移動目標物毎に求め、前記システム座標系における前記各移動目標物の3次元

位置座標を決定すること

を特徴とする魚眼レンズを用いた測位方法。

【請求項2】 前記各目標物の時刻に対する位置データを、その測定時刻とともにメモリに記憶し、このメモリに記憶されている前記位置データを、各移動目標物毎にトラッキング処理してそれぞれ前記移動目標物の航跡を求めるこ

とを特徴とする請求項1に記載の魚眼レンズを用いた測位方法。

【請求項3】 目標物を捉える複数の魚眼レンズと、この魚眼レンズにより得られる魚眼画像を撮像する撮像装置と、この撮像装置により撮像された前記魚眼画像を画像処理して移動目標物を検出する画像処理部と、前記各魚眼レンズの光軸とシステム座標系とにより、前

記移動目標物と前記撮像装置の視界面中心とを通る直線方程式を撮像装置の個数に対応する数だけ算出してこれを1組とする直線方程式群を前記各移動目標物毎に算出し、この各移動目標物にそれぞれ対応する前記直線方程式群の交点を、前記各移動目標物毎に算出して、この移動目標物の3次元位置座標を算出する演算部と、この演算部で算出された前記各移動目標物の3次元位置座標を記憶するメモリと、このメモリに記憶されている前記各移動目標物の3次元位置座標を、モニタ画面上に3次元表示するためのデータ処理装置と、前記移動目標物の3次元位置座標を表示する表示装置とからなることを特徴とする魚眼レンズを用いた測位装置。

【請求項4】 前記メモリに記憶されている前記各移動目標物の3次元位置座標をトラッキング処理して、この各移動目標物の航跡を決定するトラッキング処理部と、前記各移動目標物の航跡をモニタ画面上に3次元表示するためのデータ処理装置と、

前記移動目標物の航跡を表示する表示装置とからなることを特徴とする請求項3に記載の魚眼レンズを用いた測位装置。

【請求項5】 前記魚眼レンズは少なくとも3個用いたことと特徴とする請求項3、請求項4のいずれか一項に記載の魚眼レンズを用いた測位装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、魚眼レンズを用いて複数の移動目標物の3次元測位情報を得ることが出来る測位方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 現状の画像情報に基づく測位装置においては、目標物を通常2台の望遠レンズを有するカメラで追尾するもので、この方式においては、目標物が各カメラの視野の中心に得られるようにカメラの方向（レンズの光軸方向）を調整し、2台のカメラの設置位置と光軸の角度情報をから、三角法により目標物の位置を算出している。そのため、2台のカメラを目標物に正確に向けるためのサーボ系を含む調整装置、及び、カメラの光軸方向を正確に測定する測角装置が必要である。

【0003】

【発明が解決しようとする問題点】 このように、通常のカメラで目標を追尾する場合には、サーボ系および測角系とともに高い応答性が要求される。しかし、目標物の移動速度が速い場合には、現状の技術では充分追尾しつつ、同時に測位することはかなり困難である。その上、このような方式では、1台の装置では1個の目標物しか追尾することが出来ず、2個以上の複数の目標物を追尾するには、システムとしてその目標物の数だけの装置が

必要である。このように、1台の装置では同時に複数の目標物を追尾することができなかつた。

【0004】

【問題点を解決するための手段】 第1の発明は、任意にシステム座標系を与え、このシステム座標系に存在する移動目標物を捉える複数の魚眼レンズに対し個々に光軸を決定し、各魚眼レンズを用いた複数の撮像装置により与えられる各魚眼画像から、それぞれこの魚眼画像上に存在する移動目標物を検出し、システム座標系におけるこの移動目標物と撮像装置の視界面中心とを通る直線方程式を、撮像装置の個数に対応する数だけそれぞれ求め、この複数の直線方程式を1組とする直線方程式群を検出された各移動目標物についてそれぞれ求め、各移動目標物にそれぞれ対応する直線方程式群の交点を、各移動目標物毎に求め、システム座標系における各移動目標物の3次元位置座標を決定するようにしたものである。さらに、第2の発明は、各移動目標物の時刻に対する位置データを、その測定時刻とともにメモリに記憶し、このメモリに記憶されている位置データを、各移動目標物毎にトラッキング処理してそれぞれ移動目標物の航跡を求めるようにしたものである。さらに、第3の発明は、移動目標物を捉える複数の魚眼レンズと、この魚眼レンズにより得られる魚眼画像を撮像する撮像装置と、この撮像装置により撮像された魚眼画像を画像処理して移動目標物を検出する画像処理部と、各魚眼レンズの光軸とシステム座標系とにより、移動目標物と撮像装置の視界面中心とを通る直線方程式を撮像装置の個数に対応する数だけ算出してこれを1組とする直線方程式群を各移動目標物毎に算出し、各移動目標物にそれぞれ対応する直線方程式群の交点を各移動目標物毎に算出して、移動目標物の3次元位置座標を算出する演算部と、この演算部で算出された各移動目標物の3次元位置座標を記憶するメモリと、このメモリに記憶されている各移動目標物の3次元位置座標を、モニタ画面上に3次元表示するためのデータ処理装置と、移動目標物の3次元位置座標を表示する表示装置とからなるものである。さらに、第4の発明は、メモリに記憶されている前記各移動目標物の3次元位置座標をトラッキング処理して、この各移動目標物の航跡を決定するトラッキング処理部と、各移動目標物の航跡をモニタ画面上に3次元表示するためのデータ処理装置と、移動目標物の航跡を表示する表示装置とかなるものである。

【0005】

【作用】 魚眼画像でとらえた移動目標物（以下、単に目標物と記す）について、魚眼レンズを用いた撮像装置の個数に対応する数の直線方程式を1組とした直線方程式群を、各目標物に対応する数だけ求めるとともに、この直線方程式群の交点を各目標物毎に求め、この交点の3次元位置座標を求めて目標物の測位情報が得られる。

【0006】

【発明の実施例】この発明の実施例を、図1～図7に基づいて詳細に説明する。図1はこの発明の要部構成図、図2は視野角180°の魚眼レンズによる魚眼画像、図3は3個の魚眼レンズによる魚眼画像と測位情報、図4は測位のための説明図、図5～図7は魚眼レンズの配置例を示す説明図である。図1～図3において、1は魚眼レンズで、CCD等の光電変換素子2と組み合わされて撮像装置3が構成されており、この実施例では、3台の撮像装置3a, 3b, 3cが用いられている。魚眼レンズ1を用いた撮像装置3を設置することにより、図2、図3に示すように、光軸L(L_a, L_b, L_c)が決定される。又、システムのシステム座標系(X, Y, Z)は、魚眼レンズ1を設置した時に任意に決定される。従って、3台の撮像装置3a, 3b, 3cで撮像されたそれぞれ魚眼画像4a, 4b, 4cのシステム座標は、図3に示すように、それぞれ(X_a, Y_a, Z_a), (X_b, Y_b, Z_b), (X_c, Y_c, Z_c)で与えられる。

【0007】5はインタフェースで、撮像装置3で撮像された魚眼画像4を画像処理するためにデジタル変換している。6は画像処理部で、魚眼画像4内にある移動している目標物T₁, T₂, T₃…が画像処理されて検出される。7は演算部で、システム座標系(X, Y, Z)上の魚眼レンズ1の光軸Lにより3本の直線方程式が求められる。例えば、目標物T₁と各撮像装置3a, 3b, 3cとの視界面中心を通る3本の直線方程式がそれぞれ求められる。即ち、魚眼レンズ1の個数に対応する数の直線方程式を1組（この実施例では、3本の直線方程式で1組）とする直線方程式群が各目標物T₁, T₂, T₃…についてそれぞれ求められ、この直線方程式群の交点から、3次元位置座標が算出される。8はメモリ、9はトラッキング処理部で、魚眼画像4を逐次トラッキング処理して、目標物T₁, T₂, T₃…の航跡が決定される。10は画像出力のためのデータ処理装置で、目標物T₁, T₂, T₃…の航跡をビデオ信号に変換して、表示装置11のモニタ画面上に3次元表示するための画像データ処理が行われる。12は記録部で、撮像装置2で撮像された魚眼画像4が一時記録される。

【0008】次に、測位原理について説明する。図2に示すように、一般に、魚眼レンズ1の視野角は180°であるとともに、光軸Lは画像面の中心を通る垂線であり、このシステム座標系における直線方程式は、魚眼レンズ1（魚眼レンズ1を用いた撮像装置3を示す）の設置場所により決定される。視野角180°の魚眼レンズ1で作られる魚眼画像4は円形であり、魚眼レンズ1の前方に存在する目標物T₁, T₂, T₃…を見た時の魚眼画像4の中心Oは、魚眼レンズ1の真正面（光軸L方向）を示し、左右方向A, B点はそれぞれ魚眼レンズ1の左右方向90°の点、上下方向C, D点は魚眼レ

ンズ1の真上と真下を示している。なお、システム座標系(X, Y, Z)は、魚眼レンズ1を設置した時に任意に決定される。又、魚眼レンズ1で目標物T₁, T₂, T₃…を見た場合、中心Oから離れるにつれて目標物T₁, T₂, T₃…の形状は魚眼画像4の円周に沿って歪むため、目標物T₁, T₂, T₃…を形状で認識することは困難である。そこで、本発明者は、航空機等の目標物T₁, T₂, T₃…を認識する手段として、航空機の尾翼に点滅する光点（ストロボ）を目標物T₁, T₂, T₃…として定めた。目標物T₁, T₂, T₃…が点状である場合には、その目標物Tが魚眼画像4の円周方向にあっても歪むことはない。

【0009】そこで、目標物T₁, T₂, T₃…の形状を点（光点）に決定するとともに、図3においては、点状目標物として目標物T₁, T₂の2個存在すると設定されている。従って、魚眼レンズ1をそれぞれ用いた複数の撮像装置3(3a, 3b, 3c…)が与える魚眼画像4(4a, 4b, 4c)中に、2個の目標物T₁, T₂が存在し、この目標物T₁, T₂に共通する測位情報としては、撮像装置3の設置場所によってそれぞれ3個の撮像装置3a, 3b, 3cの設置座標(X_a, Y_a, Z_a), (X_b, Y_b, Z_b), (X_c, Y_c, Z_c)および3本の光軸方向L_a(θ_a, φ_a), L_b(θ_b, φ_b), L_c(θ_c, φ_c)がそれぞれ決定される。

【0010】次に、目標物T₁に関する測位情報としては、第1の撮像装置3aから見た時の目標物T₁の光軸方向L_a(θ_a, φ_a)からの変位角(θ_{a1}, φ_{a1})と第2の撮像装置3bから見た時の目標物T₁の光軸方向L_b(θ_b, φ_b)からの変位角(θ_{b1}, φ_{b1})および第3の撮像装置3cから見た時の目標物T₁の光軸方向L_c(θ_c, φ_c)からの変位角(θ_{c1}, φ_{c1})が得られる。同様に、目標物T₂に関する測位情報としては、第1の撮像装置3aから見た時の目標物T₂の光軸方向L_a(θ_a, φ_a)からの変位角(θ_{a2}, φ_{a2})と第2の撮像装置3bから見た時の目標物T₂の光軸方向L_b(θ_b, φ_b)からの変位角(θ_{b2}, φ_{b2})および第3の撮像装置3cから見た時の目標物T₂の光軸方向L_c(θ_c, φ_c)からの変位角(θ_{c2}, φ_{c2})が得られる。

【0011】このように、システム座標系において、魚眼レンズ1の光軸Lの直線方程式（設置位置と光軸方向Lによる）と、この魚眼画像4上に識別された目標物T₁, T₂の位置データから、1個の魚眼レンズ1により得られた魚眼画像4について、この魚眼画像4上の全ての目標物T₁, T₂…と撮像装置3とを結ぶ三次元空間における直線方程式が与えられる。そこで、図1、図4に示すように、互いに異なる3箇所に設置された3台の撮像装置3(3a, 3b, 3c)によりそれぞれ得られる3個の魚眼画像4(4a, 4b, 4c)上に2個

の目標物 T_1 , T_2 が存在する場合、目標物 T (T_1 , T_2) の位置を画像情報から読み取れば、1個の目標物 T_1 とそれぞれ3台の撮像装置 $3a$, $3b$, $3c$ の視界面中心とをそれぞれ結ぶ3本の直線方程式 f_{1a} , f_{1b} , f_{1c} が得られる。目標物 T_2 についても同様に、目標物 T_2 と3台の撮像装置 $3a$, $3b$, $3c$ の視界面中心とをそれぞれ結ぶ3本の直線方程式 f_{2a} , f_{2b} , f_{2c} が得られる。このように、撮像装置3の個数に対応する数の直線方程式を1組とする直線方程式群が各目標物 T_1 , T_2 毎に、即ち、2組得られる。このようにして得られた1組の直線方程式群の与える撮像装置3の個数に対応する数の直線が1箇所に交わった交点に目標物 T が位置しているので、この交点を算出すれば、この点が3次元空間における目標物 T の位置座標を与える。

【0012】次に、上記、測位原理に基づいて、実際に目標物 T の測位情報を得るために測位装置の動作について、第1図、第5図に基づいて説明する。まず、目標物 T が複数存在する場合について、完全に偽像をなくすためには、それぞれの目標物 T は少なくとも3台の撮像装置3の視野に捉えられなくてはならない。そこで、3台の撮像装置3 ($3a$, $3b$, $3c$) のそれぞれ前方 180° の視野内にある目標物 T を測位する場合には、図5に示すように、この実施例では、3台の撮像装置3 ($3a$, $3b$, $3c$) は、それぞれ同一平面上に光軸 L (L_a , L_b , L_c) が平行となるように設置される。但し、魚眼レンズ1の角度分解能は光軸方向 L が最大であり、これから離れるに従って低下する。又、目標物 T が撮像装置3の設置平面上の2台の撮像装置3を結ぶ直線上にある場合には、合わせて偽造が発生する可能性がある。

【0013】従って、目標物 T を測位する時には、どの領域をどの程度の精度で測位するかと言った目的に合わせ撮像装置3の配置を適正化する必要がある。例えば、 180° の視野角を必要としない場合には、図6に示すように、3台の撮像装置3の光軸 L_a , L_b , L_c が前方で交わるように設置することにより、第2の撮像装置3bの真正面の測位精度を低下させ、図5に示す場合よりも広い前方領域の左右方向における測位精度を向上させることができる。又、図7に示すように、撮像装置3aを中心にして、上下左右方向に合計で5個の撮像装置3b, 3c, 3d, 3eを立体的に配置すれば、上下方向においても同様により広い領域に対する測位精度を向上させることができる。さらに、 180° 以上の視野角が必要な場合には、撮像装置3を正6面体や正12面体のように立体的に配置することにより、又、測位精度についても同様に組み合わせた撮像装置群を複数用いることにより向上させることができる。即ち、魚眼レンズ1(撮像装置3)の位置関係と個数とにより測位領域が決定される。

【0014】又、魚眼レンズ1の作る視野像が充分大き

い場合には、光電変換素子2(以下、CCD2と記す)の素子数として40万素子や時には100万素子以上のものが使用も可能であり、CCD2の素子数を増加して分解能の向上を計り、撮像装置の使用台数を少なくして測位精度を良くすることも可能である。以上のような要件が検討されるとともに、測位視野角、測位領域、測位精度等から、魚眼レンズ1を用いた撮像装置3の個数および配置が決定される。撮像装置3の配置が決定されると、それぞれの魚眼レンズ1の光軸 L が決定される。即ち、魚眼レンズ1の法線方向が光軸 L である。それとともに、このシステム座標系における3次元の直線方程式としての記述がなされる。

【0015】次に、3台の撮像装置3 ($3a$, $3b$, $3c$) からは、図3に示すように、それぞれ3つの魚眼画像4 ($4a$, $4b$, $4c$) が得られる。この魚眼画像4はCCD2によりそれぞれ光電変換されてビデオ信号に変換される。なお、目標物 T の測位情報を実時間で求める必要がない場合、例えば、航跡等を追尾する場合には、このビデオ信号は記録部12に一時記憶され、後に画像処理部6で処理される。CCD2における各魚眼画像4のビデオ信号は、インターフェース5を介してデジタル信号に変換され、画像処理部6に入力される。画像処理部6においては、目標物 T を検出するための画像処理がなされ、各魚眼画像4に撮像された目標物 T が検出され、この目標物 T が光軸 L に対してどれだけずれている上下角何度、左右角何度と検出され、その画像情報は、 (X_{a1}, Y_{a1}) , $(X_{a2}, Y_{a2}) \dots$, (X_{b1}, Y_{b1}) , $(X_{b2}, Y_{b2}) \dots$, (X_{c1}, Y_{c1}) , $(X_{c2}, Y_{c2}) \dots$ のように2次元表示されて演算部7に入力される。

【0016】演算部7においては、システム座標系を基準にして、光軸 L の方程式が決定されるとともに、この光軸 L を通り、撮像装置3の視界面中心を示している魚眼レンズ1の中心点 O (X_0 , Y_0 , Z_0) を通つて目標物 T と交わる直線が求められる。この直線の方程式は、

$$(x - x_{0a}) / \alpha_a = (y - y_{0a}) / \beta_a = (z - z_{0a}) / \gamma_a$$

$$(x - x_{0b}) / \alpha_b = (y - y_{0b}) / \beta_b = (z - z_{0b}) / \gamma_b$$

$$(x - x_{0c}) / \alpha_c = (y - y_{0c}) / \beta_c = (z - z_{0c}) / \gamma_c$$

で表される1組が3本の直線方程式からなる直線方程式群が目標物 T の数だけ求められる。このようにして、魚眼レンズ1の個数に対応する数の直線方程式を1組とする直線方程式群が、それぞれ目標物 T (T_1 , T_2) の2組求められる。次に、それぞれこの2組の直線方程式群の交点が演算部7により算出され、交点のリストが得られる。この交点のリストから、3個の同じ出力がある点(魚眼レンズ1の個数に対応する数の同じ出力がある

点) のみが抽出され、この点が 3 本の直線方程式、即ち、直線方程式群の交点を表し、この交点は目標物 T の位置データを与える。なお、魚眼レンズ 1 の個数が 3 個の場合、偽像は 2 本の直線方程式の交点として発生し、3 本の直線方程式の交点には発生しない。従って、魚眼レンズ 1 の数が多くなるほど偽像の発生する確率は小さくなる。

【0017】このようにして、直線方程式群を構成する魚眼レンズ 1 の個数に対応する数の直線方程式の、同じく魚眼レンズ 1 の個数に対応する数の直線が 1 点で交わる交点の位置がシステム座標系における目標物の 3 次元空間座標 (X_n, Y_n, Z_n, t_m) として算出され、この値は、3 次元位置座標を示している。但し、 t は時刻を示す。即ち、目標物 T の数が N 個である場合には、3 台の撮像装置 3 から得られた 3 本の直線方程式を 1 組とする直線方程式群が N 組求められ、この N 組の直線方程式群が互いに交じわる箇所は、最大で $(3N - 1)$! 箇所で交点を結ぶが、この内 3 本の直線の交わる交点は、目標物 T の数に相当する N 箇所だけである。例えば、測位する目標物 T の数が 10 個あるとすると、3 台の撮像装置 3 から得られた直線方程式は、29 ! 箇所の交点を結ぶが、この内、3 本の直線方程式が交わる交点(目標物 T が交点となる)は目標物 T の数に相当する 10 箇所だけである。

このように、ある時刻 $t_1 \dots N$ 個の空間座標

時刻 $t_1 \dots N$ 個の空間座標

•

•

時刻 $t_1 \dots N$ 個の空間座標

で示される 3 次元位置座標が時刻 $t_1, t_2, t_3 \dots$ に対してそれぞれ求められ、この 3 次元位置座標はメモリ 8 に記憶される。

【0018】メモリ 8 に記憶されているデータは、トラッキング処理部 9 において時刻 $t_1, t_2, t_3 \dots$ についてトラッキング処理されて、即ち、各座標の軌跡が求められて、上から見た画像の中に目標物 T の航跡が得られる。この航跡は 3 次元測位された連続する時刻における座標データであるから、任意の空間座標系に対して、3 次元的な軌跡として可視化処理が可能であり、データ処理装置 10 により、モニタ画面上に 3 次元表示するための処理がなされて、ビデオ信号に変換され、連続的な像として表示装置 11 に表示され、管制官等により知識処理される。

【0019】

【発明の効果】この発明は、任意にシステム座標系を与え、このシステム座標系に存在する移動目標物を捉える複数の魚眼レンズに対し個々に光軸を決定し、各魚眼レンズを用いた複数の撮像装置により与えられる各魚眼画像から、それぞれこの魚眼画像上に存在する移動目標物を検出し、システム座標系におけるこの移動目標物と撮像装置の視界面中心とを通る直線方程式を、撮像装置の個数に対応する数だけそれぞれ求め、この複数の直線方程式を 1 組とする直線方程式群を検出された各移動目標物についてそれぞれ求め、各移動目標物にそれぞれ対応する直線方程式群の交点を、各移動目標物毎に求め、システム座標系における各移動目標物の 3 次元位置座標を決定するようにしたので、ひとつのシステムで複数の移動目標物を同時に測位し、その座標を決定することが出来るとともに、追尾することが出来る。さらに、各移動目標物の時刻に対する位置データを、その測定時刻とともにメモリに記憶し、このメモリに記憶されている位置データを、各移動目標物毎にトラッキング処理してそれぞれ移動目標物の航跡を求めるようにしたので、移動目標物の航跡を解析することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の実施例を示す構成図である。

【図 2】魚眼レンズ 1 の与える魚眼画像である。

【図 3】この発明の実施例を示すもので、3 個の魚眼レンズ 1 の与える魚眼画像である。

【図 4】この発明の実施例を示す説明図である。

【図 5】この発明の実施例を示すもので、撮像装置の配置例を示す図である。

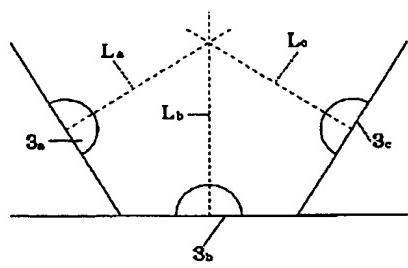
【図 6】この発明の実施例を示すもので、撮像装置の配置例を示す図である。

【図 7】この発明の実施例を示すもので、撮像装置の配置例を示す図である。

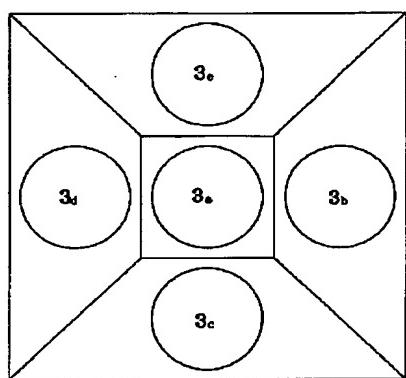
【符号の説明】

- 1 • • 魚眼レンズ
- 3 • • 撮像装置
- 4 • • 魚眼画像
- 5 • • インタフェース
- 6 • • 画像処理部
- 7 • • 演算部
- 8 • • メモリ
- 9 • • トラッキング処理部
- 10 • データ処理装置
- 11 • 表示装置
- 12 • 記録部
- T • • 移動目標物

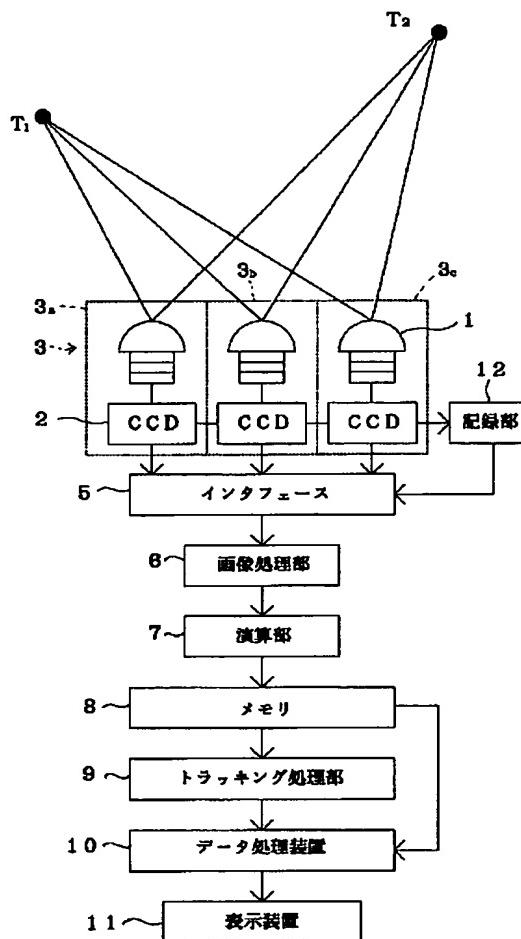
【図6】



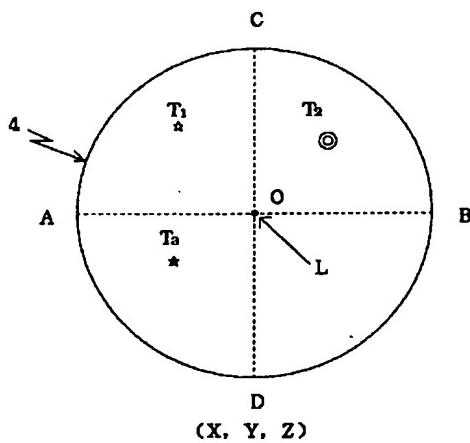
【図7】



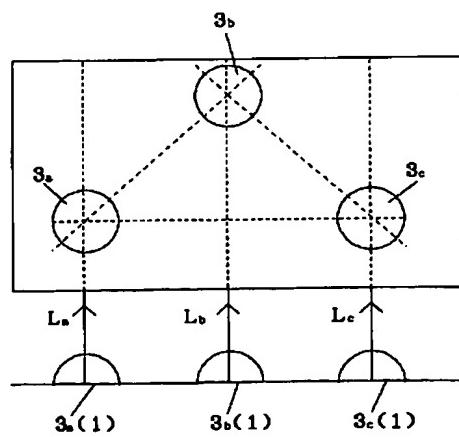
【図1】



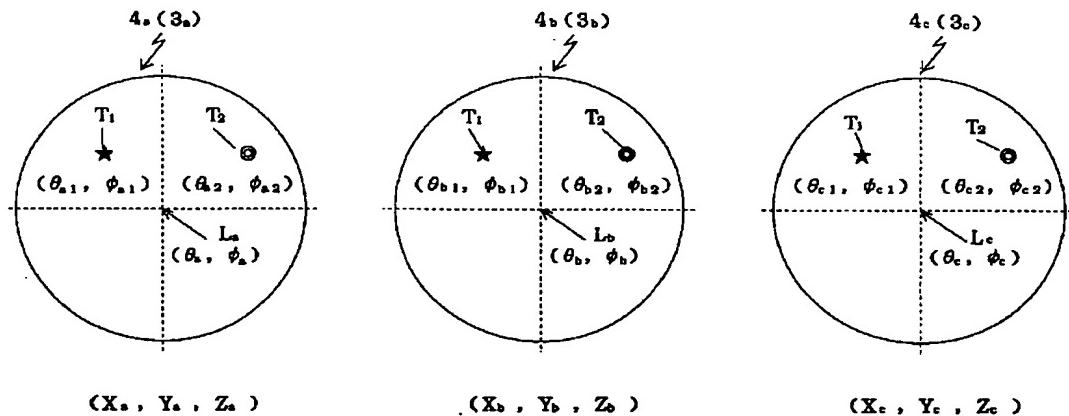
【図2】



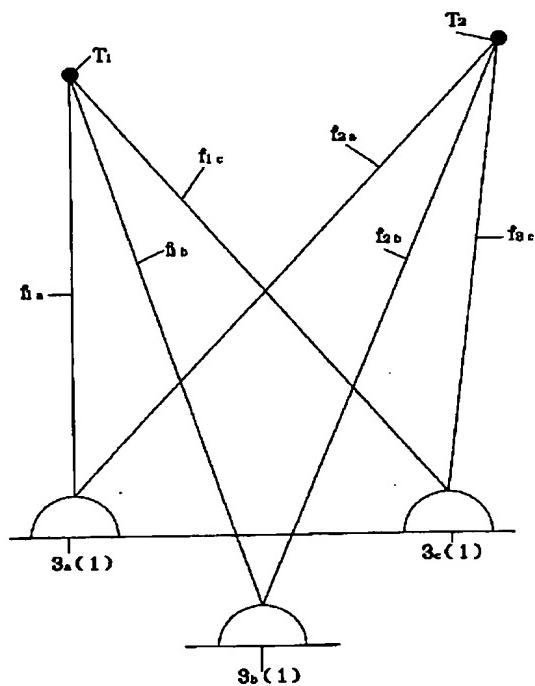
【図5】



【図3】



【図4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.